پژوهشکده بیمه

ژئوفیزیک جنگ

بیمه ساختمان و چالش های نوین ارزیابی ریسک

مدرس:

دکتر محمد آریامنش

دانشیار ژئوفیزیک، زمین شناس وهیدروژئولوژیست

بسم الله الرحمن الرحيم

سرخط گفتارها

۱. آشنایی با ژئوفیزیک جنگ و اهمیت آن در صنعت بیمه

۲. انواع آسیب ها و خسارت های ناشی از انفجارت جنگی

۳. برآورد خسارت لرزه‌ای ناشی از انفجارهای جنگی به ساختمان‌ها

۴. ارزیابی ریسک مین و مهمات منفجرنشده برای زمین و ساختمان

۵. مدلسازی مالی خسارت جنگ و ارزیابی توانگری صنعت بیمه

گفتار نخست

آشنایی با ژئوفیزیک جنگ و اهمیت آن در صنعت بیمه

بیان مسئله و ضرورت موضوع بحث

تقریباً تمام بیمه‌نامه‌های استاندارد (از بیمه آتش‌سوزی و درمان گرفته تا خودرو و باربری) دارای یک «بند استثنای جنگ» (War Exclusion Clause)هستند.

ماهیت غیرقابل پیش‌بینی و خسارت‌های فاجعه‌بار (Catastrophic Losses) جنگ دلیل این استثناء است. بیمه‌گران خصوصی توانایی مالی و مدل‌های آماری برای پوشش همزمان میلیون‌ها نفر در یک منطقه جنگی را ندارند .

•این استثنا معمولاً شامل جنگ اعلام‌شده یا اعلام‌نشده، اقدامات خصمانه و حتی گاهی تروریسم می‌شود.

خسارت های ناشی از انفجارات جنگی مرتبط با بیمه

خسارت های فیزیکی و مالی:

- تخریب کامل یا جزئی ساختمان ها (مسکونی، اداری، تجاری)
- آسیب به زیرساخت های حیاتی (پل ها، جاده ها، خطوط انتقال نیرو و آب)
- خسارت به تأسیسات صنعتی و تولیدی (ماشین آلات، انبارها)
- آسیب به خودروها، ناوگان حمل ونقل و تجهیزات سنگین
- تخریب اموال منقول (لوازم خانگی، کالاهای تجاری، اشیاء قیمتی)
- آلودگی و آسیب شیمیایی به خاک و منابع آب زیرزمینی (ناشی از مواد منفجره)
- خسارت ناشی از ریزش آوار بر اموال مجاور

خسارت های جانی و بدنی:

- فوت ناشی از موج انفجار، ترکش یا ریزش آوار
- قطع عضو و آسیب های شدید اسکلتی–عضلانی
- نابینایی، کم شنوایی و آسیب به حواس پنجگانه
- سوختگی درجات مختلف (سطحی تا عمقی وسیع)
- آسیب های مغزی ضربه ای ناشی از شوک انفجار
- ناتوانی های دائم حرکتی یا عصبی

آسیب های روانی و سلامت رفتاری:

- اختلال استرس پس از سانحه
- افسردگی اساسی و اختلالات اضطرابی فراگیر
- وحشت مزمن، بی خوابی و کابوس های مکرر
- اختلال انطباقی و افت عملکرد اجتماعی–شغلی
- افکار خودکشی یا آسیب به خود
- سوگ پیچیده و اختلالات دلبستگی در بازماندگان

خسارت های تبعی و عملیاتی:

- هزینه های امداد و نجات، آواربرداری و تخلیه اضطراری
- هزینه های اسکان موقت برای بی خانمان ها
- ازکارافتادگی موقت یا دائم شغلی (زیان ناشی از توقف کسب وکار)
- هزینه های توانبخشی بلندمدت (فیزیوتراپی، کاردرمانی، پروتز)
- هزینه های خدمات روانشناسی و روانپزشکی درازمدت
- خسارت به محصولات کشاورزی و دامداری ناشی از تخریب زمین و آلودگی

بیمه خسارتهای جنگ (دولت یا شرکت های بیمه)

- **روش اول: خرید پوشش اضافی Buy-back بیمه‌های تخصصی مانند بیمه کشتی و هواپیما،**

- **روش دوم خرید بیمه‌نامه تخصصی: ریسک جنگ: War Risk Insurance این بیمه‌نامه به صراحت خسارت ناشی از انفجار، مین، غارت و شورش را پوشش می‌دهد .**

- **روش سوم: حمایت و پشتوانه دولتی Government Backstop تنها جایی که بیمه جنگ در مقیاس کلان ممکن است، زمانی است که دولت پشت بیمه‌گران بایستد و بخش عظیمی از خسارت را تضمین کند. بخش خصوصی به تنهایی قادر به جبران خسارت حملات تروریستی یا جنگی در مقیاس بزرگ نیست .**

موضوع بحث ما فراتر از خسارت های ناشی از انفجارات زمان جنگ هست

اهمیت در نظر گرفتن ژئوفیزیک جنگ در بیمه

- خسارت های زمان جنگ
- خسارت های تأخیری برای پوشش های جدید بیمه
- شفافیت در تقدم وتأخر در خسارت های پوشش داده شده

مهمترین دلایل اهمیت ژئوفیزیک جنگ در بیمه

مهمترین دلایل در نظر گرفتن ژئوفیزیک جنگ در:

۱. **ارزیابی ریسک،**
۲. **محاسبه حق بیمه**
۳. **پرداخت خسارت**

دسته اول: دلایل مرتبط با ارزیابی ریسک Risk Assessment

۱. تشخیص حملات پنهان و ترکیبی Hybrid Warfare
حملات سایبری و الکترومغناطیسی بدون اعلام جنگ رسمی رخ می‌دهند و توسط روش‌های معمولی قابل شناسایی نیستند

۲. پهنه‌بندی خطر با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و ژئوفیزیک
امکان محاسبه خسارت‌های فاجعه‌بار در مکان‌های جغرافیایی خاص با استفاده از مدل‌های احتمالاتی

۳. پیش‌بینی خسارت‌های تدریجی و تأخیری (خستگی مصالح، نشست خاک)
خسارت‌هایی که ماه‌ها بعد از انفجار خود را نشان می‌دهند و در مدل‌های سنتی دیده نمی‌شوند

۴. تعیین مناطق با ریسک تشدید ((Resonanceبر اساس فرکانس طبیعی سازه و خاک
پیش‌بینی اینکه کدام ساختمان‌ها در فرکانس خاص موج انفجار تخریب بیشتری خواهند داشت

۵. ارزیابی ریسک تداخل ماهواره‌ای روی ناوبری و ارتباطات
تأثیر GPS Spoofing و پارازیت بر صنایع حمل‌ونقل (دریایی، هوایی، زمینی)

دسته دوم: دلایل مرتبط با محاسبه حق بیمه Premium Calculation

- ۱. تفکیک پوشش «مخاطرات طبیعی» از «اقدامات خصمانه» برای تعیین نرخ حق بیمه
اگر ندانیم علت خسارت چیست، حق بیمه را اشتباه محاسبه می‌کنیم (زیان‌دهی یا گرانی بیش از حد)
- ۲. تعیین حق بیمه اضافه برای مناطق با ریسک تشدید ژئوفیزیکی
ساختمان‌های روی خاک‌های سست یا با فرکانس طبیعی بحرانی نیاز به حق بیمه بالاتر دارند
- ۳. مدلسازی خسارت انباشته (Accumulation Risk)در سناریوهای جنگ الکترومغناطیسی
یک رویداد می‌تواند همزمان هزاران دستگاه الکترونیکی را در یک منطقه وسیع از کار بیندازد
- ۴. محاسبه هزینه‌های اتکایی (Reinsurance)بر اساس داده‌های ژئوفیزیک جنگی
شرکت‌های بیمه برای خرید بیمه اتکایی نیاز به خروجی مدل‌های catastrophic risk دارند
-

دسته سوم: دلایل مرتبط با پرداخت خسارت Claims Adjustment

۱. تعیین علت واقعی حادثه: طبیعی (قابل پرداخت) یا جنگی (مستثنی)
امواج لرزه‌ای ناشی از انفجار شبیه زلزله است؛ تشخیص تفاوت نیاز به متخصص ژئوفیزیک دارد

۲. اثبات یا رد بندهای استثنای جنگ و اقدامات خصمانه در دادگاه
در دعاوی حقوقی، شرکت بیمه باید ثابت کند که خسارت مستقیماً ناشی از «اقدام خصمانه» بوده است

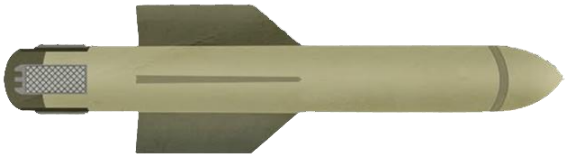
۳. تشخیص خسارت‌های ناشی از فریب موقعیت یاب ماهواره ای در صنعت حمل‌ونقل
اگر کشتی به دلیل داده‌های جعلی GPSبه گل بنشیند، آیا این «خطر دریایی» است یا «حمله سایبری جنگی»؟

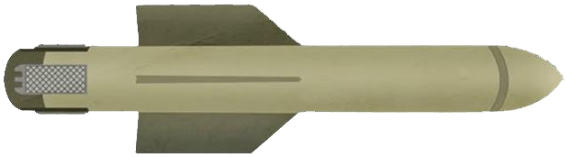
۴. شناسایی خسارت‌های ناشی از EMPبدون آثار فیزیکی ظاهری
خرابی تجهیزات الکترونیکی بدون آتش‌سوزی یا ضربه نیاز به آنالیز تخصصی دارد

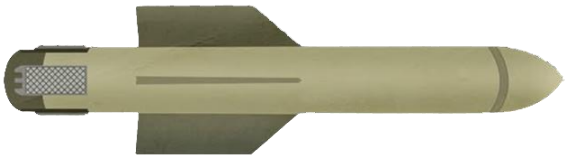
۵. تعیین سهم خسارت ناشی از فاز منفی موج انفجار در تخریب نماها
تشخیص اینکه شیشه‌ها به بیرون پرتاب شده‌اند (ناشی از مکش فاز منفی) نه نقص نصب

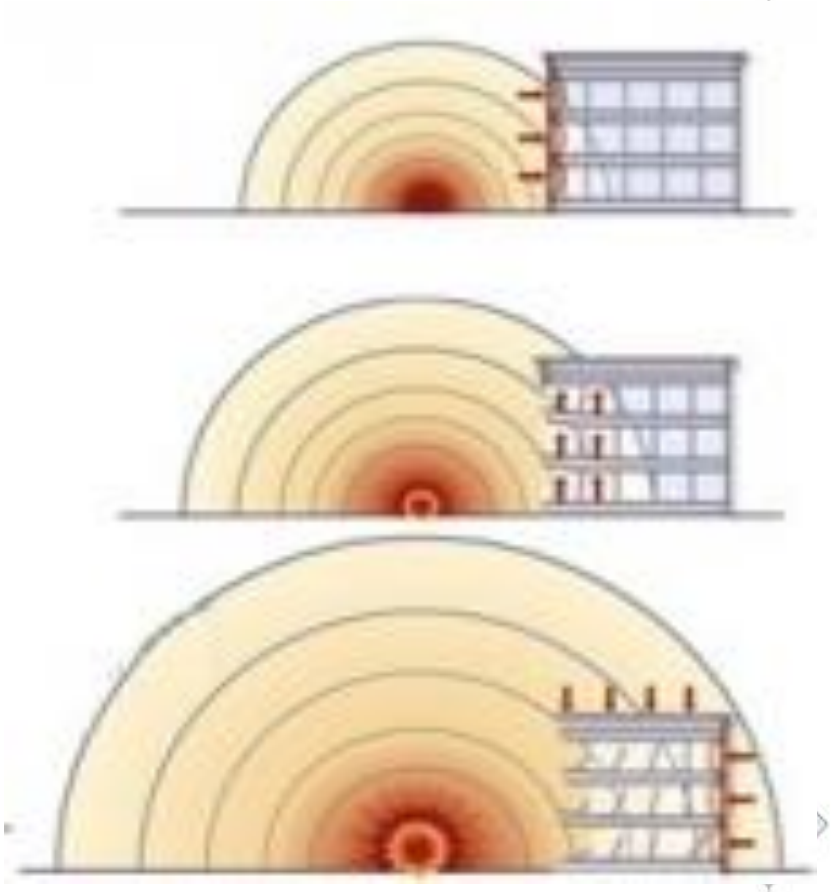
۶. اثبات خستگی تأخیری مصالح و نشست خاک در ماه‌های بعد از انفجار
ارتباط علی بین انفجار گذشته و شکست فعلی سازه نیاز به مدلسازی ژئوفیزیکی دارد

آشنایی کلی با مفاهیم همگانی ژئوفیزیک جنگ









ژئوفیزیک جنگ

- ژئوفیزیک جنگ، شاخه‌ای از ژئوفیزیک کاربردی است که به مطالعه اثرات فیزیکی ناشی از فعالیت‌های نظامی و جنگ بر روی زمین می‌پردازد.
- وقتی یک انفجار بزرگ جنگی رخ می‌دهد، انرژی عظیمی آزاد می‌شود. بخشی از این انرژی به صورت امواج لرزه‌ای در زمین منتشر می‌شود، بخشی میدان مغناطیسی زمین را تغییر می‌دهد، و بخشی باعث آلودگی خاک و آب زیرزمینی می‌شود.
- ژئوفیزیک جنگ این اثرات را اندازه‌گیری، مدل‌سازی و تحلیل می‌کند.

آشنایی با ژئوفیزیک جنگ برای بیمه‌گران و بیمه‌گذاران ضروری است زیرا بدون درک تفاوت امواج انفجار با زلزله، آسیب‌های تاخیری پنهان، و رفتار غیرخطی خاک در برابر انفجار، برآورد خسارت تا ٪۵۰۰ خطا داشته، ذخیره‌گیری مالی نادرست انجام می‌شود، و دعاوی حقوقی به نفع بیمه‌گذار یا بیمه‌گر بدون مبنا قضاوت خواهد شد.

ابزار ها و سلاح های تولید موج در انفجارات جنگی

ردیف	موضوع	محتوای کلیدی
۱	انواع پهبادهای تهاجمی	Bayraktar، Switchblade، Mohajer شاهد، تیغه سوئیچ، بایراکتار
۲	مشخصات فنی پهبادهای انتحاری	وزن مواد منفجره (۵ تا ۵۰ کیلوگرم)، برد عملیاتی
۳	موج انفجار پهبادها	مقایسه با بمب‌های هوایی (کوچکتر اما متمرکزتر)
۴	اثرات مغناطیسی و ژئوفیزیکی پهبادها	تداخل میدان مغناطیسی زمین، قابلیت آشکارسازی توسط مغناطیس‌سنج‌ها
۵	شعاع تخریب پهبادها	فیزیکی: ۵۰–۲۰۰ متر / روانی: تا ۱ کیلومتر

پهبادها

کاربرد اصلی	نمونه‌ها	وزن مواد منفجره	نوع
ترور، تخریب خودرو	پهبادهای انتحاری دستی	< ۱ کیلوگرم	ریز
اهداف نظامی سبک	Switchblade 300	۵–۱ کیلوگرم	کوچک
تانک، توپخانه، خودروهای زرهی	Switchblade 600, Shahed-131	۲۰–۵ کیلوگرم	متوسط
پالایشگاه، انبار مهمات، تأسیسات نظامی	Shahed-136, Mohajer-6	۵۰–۲۰ کیلوگرم	بزرگ
تأسیسات استراتژیک، فرودگاه، پل	Bayraktar Akıncı, MQ-9 Reaper	۵۰۰–۵۰ کیلوگرم	سنگین

موشک های بالستیک و کروز

ارتفاع تخریب (ساختمان‌های مرتفع)	اثر گراویمتری	اثر مغناطیسی	موج انفجار (نوع و شدت)	عمق تخریب (متر خاک/بتن)	شعاع تخریب فیزیکی (متر)	وزن کلاهک (کیلوگرم)	برد (کیلومتر)	نوع موشک
تخریب کامل تا ۵ طبقه	ناچیز	ناچیز (تداخل گذرا)	موج ضربه‌ای مافوق صوت، فشار ۱۰۰–۵۰psi	1-2 / 0.5-1	50-150	500-1,000	300-800	بالستیک کوتاه‌برد (SRBM)
تخریب کامل تا ۱۰ طبقه، آسیب شدید تا ۲۰ طبقه	قابل تشخیص در گرانی‌سنج‌های حساس	جزئی) تغییرات میدان مغناطیسی در محدوده ۲–۱(nT	موج ضربه‌ای شدید، فشار ۲۰۰–۱۰۰psi ، امواج لرزه‌ای با بزرگی معادل ۲٫۵–۱٫۵ ریشتر	2-5 / 1-2	100-300	500-1,800	1,000-2,500	بالستیک میان‌برد (MRBM)
تخریب کامل تا ۱۵ طبقه، ریزش ساختمان‌های بلند	ناهنجاری گراویمتری قابل ثبت	قابل ثبت) ۵–۲(nT ، تغییرات یونوسفری	موج ضربه‌ای بسیار شدید، فشار ۳۰۰–۲۰۰psi ، امواج لرزه‌ای با بزرگی معادل ۳–۲ ریشتر	3-8 / 1.5-3	200-500	1,500-1,800	2,000-3,000	بالستیک دوربرد (IRBM)
تخریب کامل تا ۳ طبقه، آتش‌سوزی گسترده	صفر	ناچیز تا صفر	موج بلاست با سرعت مافوق صوت، فشار ۱۰۰–۵۰psi ، بدون امواج لرزه‌ای محسوس	0.5-1 / 0.2-0.5	30-100	150-400 (Kh-55تا ۲،۰۰۰)	700-3,000	کروز(Cruise)
تخریب کامل تا ۱۰ طبقه، نفوذ به طبقات زیرین	ناهنجاری گذرا	قابل ثبت) ۵–۳(nT	موج شوک بسیار متمرکز، فشار ۲۵۰–۱۵۰psi ، امواج لرزه‌ای قوی	2-5 / 1-2	150-300	400-500	1,400-2,000	مافوق صوت (Hypersonic)

موشک های سنگر شکن یا زمین شکن

اثر گراویمتری	اثر مغناطیسی	موج انفجار و اثر لرزه‌ای	عمق نفوذ در بتن مسلح (متر)	عمق نفوذ در خاک (متر)	شعاع تخریب فیزیکی (متر)	وزن مواد منفجره (کیلوگرم)	وزن کل (کیلوگرم)	نمونه‌ها	نوع بمب
ناچیز	ناچیز	امواج لرزه‌ای محدود، بزرگی معادل <۱ ریشتر	1-2	5-10	50-100	20-100	110-450	GBU-39 SDB, IMI MPR-500	زمین‌شکن سبک (LJP)
ناهنجاری گذرا	جزئی) ۲–۱(nT	امواج لرزه‌ای قابل ثبت، بزرگی معادل ۱٫۵–۱ بزرگا، PGDقابل اندازه‌گیری	2-4	15-25	100-200	240-300	900-1,100	GBU-24 Paveway III, BLU-109, GBU-31 JDAM	زمین‌شکن متوسط (MJP)
ناهنجاری قابل تشخیص	قابل ثبت) ۳–۲(nT	امواج لرزه‌ای قوی، بزرگی معادل ۲–۱٫۵ بزرگا، PGD تا چند میلی‌متر	4-6	30-40	200-400	300-500	2,300-2,400	GBU-28, GBU-37	زمین‌شکن سنگین (HJP)
ناهنجاری واضح (چند میلی‌گال)	قابل ثبت قوی) –۵ ۱۰(nT ، تغییرات یونوسفری همراه با امواج گرانشی–صوتی	امواج لرزه‌ای بسیار قوی، بزرگی معادل ۳٫۵–۲٫۵ بزرگا، PGDتا چند سانتی‌متر، تشدید در تونل‌ها	) 15-8تا ۱۸ در گزارش‌ها(	) 80-60تا ۲۰۰ در خاک نرم(	400-800	2,400-2,700	13,600	GBU-57 MOP (Massive Ordnance Penetrator)	زمین‌شکن فوق‌سنگین(VHJP)
ناهنجاری شدید و پایدار	تغییرات شدید میدان مغناطیسی) ده‌ها (nT، اختلال در یونوسفر به مدت ساعت‌ها	موج انفجار اتمی، crater به قطر ~۳۰۰ متر، انتشار گسترده امواج لرزه‌ای، بزرگی ~۵–۴ بزرگا	۲–۱	۱۵۰–۶)محدودیت فیزیکی(	۳۰۰>	~۱٫۲ میلیون تن TNTمعادل	~۱۸،۰۰۰	RNEP (Robust Nuclear Earth Penetrator)	هسته‌ای (توسعه‌یافته)

تفاوت کلیدی بین امواج لرزه ای موشک وبمب زمین شکن

تفاوت کلیدی بین موشک‌ها و بمب‌های زمین‌شکن در این است که:

- **موشک‌های سطحی عمدتاً خسارت فوق‌الارضی (تخریب ساختمان، آتش‌سوزی) ایجاد می‌کنند**

- **بمب‌های زمین‌شکن علاوه بر خسارت سطحی، خسارت زیرسطحی گسترده از طریق امواج لرزه‌ای ایجاد می‌کنند که شعاع آن می‌تواند تا ۱۵–۱۰ کیلومتر برسد**

این خسارت زیرسطحی همان چیزی است که مدل‌های فعلی بیمه قادر به محاسبه آن نیستند.

پیامدهای فیزیکی انفجار

- در فعل و انفعال انفجاری، مقادیر زیادی انرژی به صورت گرما و فشار به طور سریع و ناگهانی آزاد می‌شود و فشار ایجاد شده به صورت موج توسعه می‌یابد که به آن موج انفجار گویند.
- موج انفجار در هنگام گسترش ضربه شدیدی ایجاد می‌نماید که می‌تواند باعث ایجاد آثار تخریبی گسترده‌ای بر سازه‌های مختلف گردد.
- جهت بررسی اثر فشار ناشی از انفجار بر روی سازه‌ها، لازم است که با شناختن منشاء انفجار، دینامیک فشار منتشره و ماهیت این نوع از فشار و نهایتا بارگذاری ناشی از آن جهت کاربرد مهندسی، ساده سازی شود.
- انفجار می‌تواند بر پایه سه عامل فیزیکی (همان انفجارهای صنعتی)، هسته‌ای (به دلیلی تبادل نوترون و پروتون) یا شیمیایی (اکسیداسیون سریع ذرات قابل اشتعال نظیر اتم‌های کربن و هیدروژن) باشد.
- وقوع انفجار، پیامدهایی را در پی خواهد داشت؛ ابتدا گازهایی با دمای زیاد که فشاری در حدود ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلو بار و دمایی در حدود ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ درجه سلسیوس دارند تولید می‌شود. گازهای حاصل از انفجار به سرعت توسعه یافته و هوای محاصره شده با فشار زیاد از فضایی که اشغال کرده است بیرون رانده می‌شود. در نتیجه یک لایه از هوای فشرده در جلوی این گازها، که بیشترین انرژی آزاد شده از انفجار را دارا می‌باشند شکل می‌گیرد. گازهای شکل‌گرفته از انفجار به هنگام ساطع شدن از منبع پخش شده و تا رسیدن به فشار اتمسفر کاهش می‌یابد.
- انفجار از نظر موقعیت نسبت به سازه، به انفجار خارجی، داخلی و زیرزمینی تقسیم می‌شوند. انفجار خارجی با نام‌های انفجار غیر محبوس و انفجار آزاد نیز خوانده شده و به دو نوع انفجار در هوا و انفجار در سطح زمین تقسیم می‌گردد.
- در انفجار هوایی، امواج انفجار مستقیم به سازه بر خورد کرده و نحوه‌ی گسترش آن به صورت کروی است. در صورتی که امواج ناشی از انفجار ابتدا به زمین برخورد کرده و سپس به سازه برسند، انفجار را در سطح زمین گویند. نحوه گسترش امواج در سطح زمین به صورت نیم‌کره است.
- انفجار در داخل ساختمان بسته به شرایط ساختمان به دو دسته محبوس و نیمه محبوس تقسیم می‌گردد.
- علاوه بر بارهای ناشی از انفجار، باید اثر برخورد فیزیکی و اصابت ترکش‌های ناشی از آن و همچنین اثرات لرزش ناشی از شوک زمین حین وقوع انفجارات خارجی نیز در نظر گرفته شود.

میدان های ژئوفیزیکی ناشی از انفجار سلاح های جنگی

۱. موج انفجار و اثرات لرزه‌ای

مهم‌ترین نکته این است که بمب‌های زمین‌شکن سنگین امواج لرزه‌ای با بزرگی معادل ۲٫۵ تا ۳٫۵ ایجاد می‌کنند.
این امواج از طریق لایه‌های زمین منتقل شده و می‌توانند باعث شوند:
ترک‌خوردگی فونداسیون در ساختمان‌های تا شعاع ۳–۲ کیلومتر
نشست زمین در مناطق با خاک سست یا اشباع از آب
آسیب به خطوط لوله گاز و آب در شعاع تا ۵ کیلومتر

۲. اثرات مغناطیسی

تحقیقات نشان داده‌اند که انفجارهای بزرگ با تغییرات میدان مغناطیسی زمین همراه هستند. در انفجار مهمات در سال ۲۰۱۷، نوسانات منظم میدان مغناطیسی با دامنه ۳–۲ nTو دوره ۱۴–۵ دقیقه ثبت شد. این تغییرات به دلیل امواج گرانشی–صوتی ناشی از انفجار و آتش‌سوزی گسترده ایجاد می‌شوند که تا ارتفاع یونوسفر منتقل می‌شوند.
برای GBU-57، این اثرات مغناطیسی می‌تواند تا ۱۰–۵ nTبرسد و با تجهیزات مناسب قابل تشخیص است.

۳. اثرات گراویمتری

انفجارهای زیرزمینی (مانند آزمایش‌های هسته‌ای در نوادا) با ناهنجاری گراویمتری منفی همراه هستند. این ناهنجاری ناشی از حفره ایجاد شده در اثر انفجار است. در انفجار GBU-57، اگر در عمق ۶۰–۵۰ متری رخ دهد، حفره‌ای با قطر ده‌ها متر ایجاد می‌کند که چگالی کمتری نسبت به محیط اطراف دارد و باعث کاهش میدان گرانشی موضعی می‌شود.

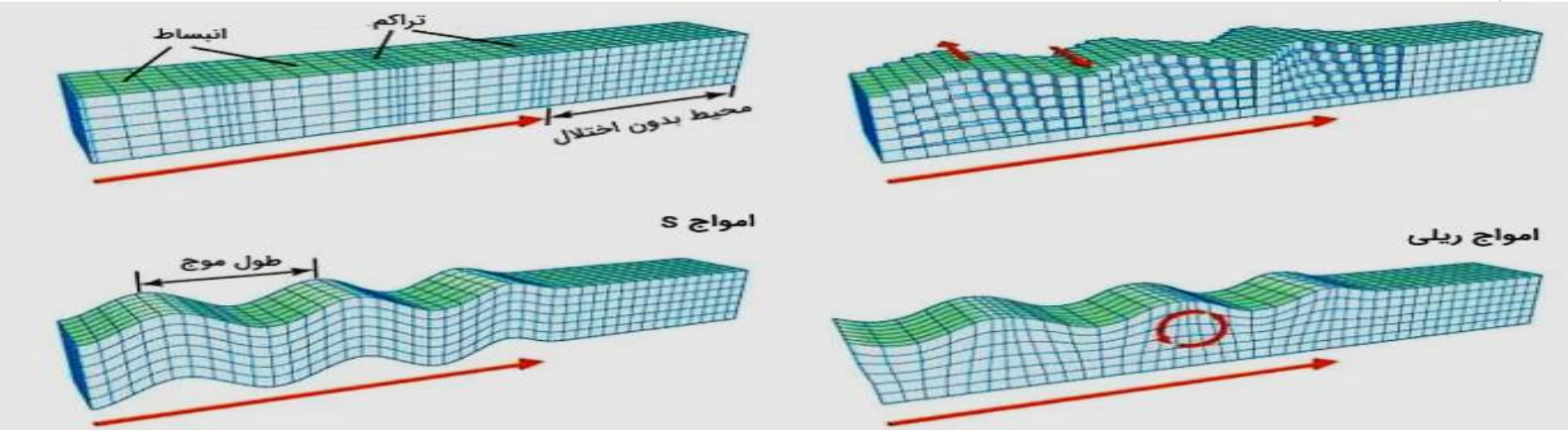
قلمرو ژئوفیزیک لرزه ای در انفجارات جنگ

- **ژئوفیزیک طبیعی به مطالعه پدیده‌هایی می‌پردازد که منشأ طبیعی دارند: زلزله، آتشفشان، تغییرات میدان مغناطیسی زمین در اثر جریان‌های درون زمین، و گرانی ناشی از ساختارهای طبیعی پوسته زمین.**

- **اما ژئوفیزیک جنگ به پدیده‌هایی می‌پردازد که منشأ انسانی و عمدی دارند. تفاوت اصلی در سه چیز است:**

- **تفاوت اول: منبع انرژی**
- **در ژئوفیزیک طبیعی، منبع انرژی طبیعی است (مثلاً آزاد شدن تنش در گسل). در ژئوفیزیک جنگ، منبع انرژی انفجار مواد منفجره است.**
- **تفاوت دوم: الگوی امواج**
- **امواج ناشی از انفجار جنگی فرکانس بالاتری دارند و سریعتر محو می‌شوند. امواج زلزله فرکانس پایین‌تر و ماندگاری بیشتری دارند.**
- **تفاوت سوم: قابل پیش‌بینی بودن**
- **زلزله از توزیع آماری مشخصی پیروی می‌کند (قانون گوتنبرگ–ریشتر). اما انفجارهای جنگی الگوی آماری ثابتی ندارند و به تصمیم انسانی بستگی دارند.**

ویژگی امواج لرزه ای انفجارات جنگی



انفجار جنگی	زلزله طبیعی	ویژگی
انفجار نقطه‌ای	گسیختگی گسل	منبع
< ۱ ثانیه	۱۰–۶۰ ثانیه	مدت زمان
۲–۵۰+ هرتز	۰٫۱–۱۰ هرتز	فرکانس
متمرکز در فرکانس بالا	پهن‌باند	محتوای انرژی
P-waveغالب	مختلط	الگوی حرکت

سه تفاوت اصلی وجود دارد:

شکل موج انفجار: شروع ناگهانی و تیز، دامنه بالا، فرکانس متراکم

تفاوت اول: نسبت دامنه موج P به موج S

- **زلزله طبیعی: نسبت دامنه P/S معمولاً بین ۰٫۱ تا ۰٫۳ است (یعنی S سه تا ده برابر بزرگتر از P**
- **انفجار سطحی: نسبت دامنه P/S معمولاً بین ۲ تا ۱۰ است (یعنی P دو تا ده برابر بزرگتر از S**

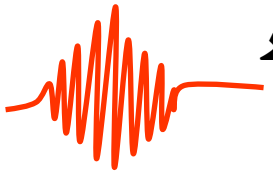
تفاوت دوم: شکل شروع موج

انفجار شروع ناگهانی و تیز دارد. زلزله شروع تدریجی و ملایم دارد.

تفاوت سوم: محتوای فرکانسی

انفجار فرکانس بالایی دارد (معمولاً بیشتر از ۵ هرتز). زلزله فرکانس پایینی دارد (معمولاً کمتر از ۳ هرتز).

با استفاده از این سه معیار، نرم‌افزارهای خودکار می‌توانند یک انفجار جنگی را در کمتر از یک ساعت پس از وقوع شناسایی و اعلام کنند.



شکل موج زلزله: شروع تدریجی، دامنه ملایم‌تر، فرکانس بازتر

ژئوفیزیک جنگ (انفجار)	ژئوفیزیک طبیعی (زلزله)
منبع انسانی عمدی	منبع طبیعی
فرکانس بالا	فرکانس پایین
الگوی آماری ثابت ندارد	الگوی آماری دارد
محو شدن سریع	ماندگاری طولانی

تفاوت در چشمه و انتشار موج

زلزله:

- چشمه گسترده: گسیختگی در امتداد یک سطح گسل به طول چندین کیلومتر
- امواج از یک ناحیه بزرگ منتشر می‌شوند
- میدان موج نسبتاً یکنواخت و همسانگرد (در همه جهات مشابه)

انفجار جنگ:

- چشمه نقطه‌ای (تقریباً): ابعاد مواد منفجره در مقایسه با فاصله ناچیز است
- امواج کروی از یک نقطه منتشر می‌شوند
- شدت موج با مجذور فاصله کاهش می‌یابد$(1/r^2)$
-

در زلزله، همه ساختمان‌های یک منطقه خسارت نسبتاً مشابهی می‌بینند (با افت تدریجی با فاصله).
در انفجار، شیب خسارت بسیار تند است: (بری نمونه بستگی به میزان قدرت انفجار)

- در ۵۰ متر: تخریب کامل
- در ۱۰۰ متر: آسیب شدید
- در ۲۰۰ متر: فقط شیشه‌ها

اهمیت بیمه‌ای:
در مناطق جنگی، فاصله دقیق از مرکز انفجار باید در فرم اظهارنامه خسارت ثبت شود.
عدم ثبت این داده، باعث خطای فاحش در برآورد خسارت می‌شود.

طیف فرکانسی: راز رفتار متفاوت ساختمان

در زلزله (طبیعی):

- **امواج غالباً کم فرکانس هستند: ۰٫۱ تا ۱۰ هرتز (هرتز = سیکل در ثانیه)**
- **ارتعاشات آهسته و کشسان، شبیه تکان دادن یک درخت بزرگ**
- **ساختمان با کل جرم خود به نوسان در می‌آید (مد اول ارتعاش)**

در انفجار (جنگ):

- **امواج پُر فرکانس هستند: ۱۰ تا ۵۰۰ هرتز (و حتی تا ۱۰،۰۰۰ هرتز در نزدیک انفجار)**
- **ارتعاشات سریع و ضربه‌ای، شبیه ضربه چکش به زنگ**
- **فقط اجزای سطحی و موضعی ساختمان پاسخ می‌دهند**

زلزله مانند این است که شما یک تشک را از لبه بلند کنید و رها کنید – همه فنرها با هم حرکت می‌کنند.
انفجار مانند این است که با پتک به یک نقطه از تشک ضربه بزنید – فقط آن نقطه فرو می‌رود، اما فنرهای اطراف آسیب پنهان می‌بینند.

.قطبش امواج - (Polarization) اثر متفاوت بر اسکلت ساختمان

زلزله:

- امواج P (فشاری): حرکت در راستای انتشار (عمودی و افقی)
- امواج S (برشی): حرکت عمود بر انتشار (عمدتاً افقی)
- ساختمان در هر دو جهت افقی آسیب می بینند

انفجار سطحی:

- موج عمدتاً عمودی
- موج هوابرد (Airblast) عمدتاً افقی
- ترکیب این دو، یک میدان تنش کاملاً متفاوت ایجاد می‌کند

خلاصه ضرورت اشنایی با مفهوم قطبش

پیامد بیمه‌ای	تفاوت زلزله در مقابل انفجار	مفهوم ژئوفیزیکی
ساختمان‌های میان‌مرتبه آسیب متفاوتی می‌بینند و حق بیمه باید تفکیک شود	کم فرکانس زیر ۱۰ Hz در مقابل پُر فرکانس (10-500 Hz)	طیف فرکانسی
فاصله دقیق از انفجار حیاتی است پس ثبت آن در فرم اظهارنامه اجباری شود	گسترده و یکنواخت در مقابل نقطه‌ای با شیب تند	چشمه و انتشار
خسارت به تجهیزات دقیق با معیارهای زلزله قابل پیش‌بینی نیست . مدل مجزا نیاز است	10-60ثانیه در مقابل ۰٫۲–۰٫۰۵ ثانیه	مدت زمان
الگوی خرابی متفاوت – کارشناسان باید آموزش ببینند	عمدتاً افقی در مقابل عمودی+افقی	قطبش

اقدام پیشنهادی	نکته کلیدی	مفهوم
آموزش کارشناسان برای تشخیص شکل موج	انفجار شروع ناگهانی، زلزله تدریجی	شروع رخداد
در صورت دسترسی به داده لرزه‌ای، حتماً این نسبت را محاسبه کنید	انفجار P بر S غلبه دارد	نسبتP/S
از شبکه‌های جهانی (USGS) گزارش عمق بگیرید	انفجار عمق ۰، زلزله 5<کیلومتر	عمق کانونی
سرمایه‌گذاری روی سنسورهای اختصاصی ارزان قیمت	اگر در جنگ، شبکه لرزه‌نگاری از کار بیفتد	داده از دست رفته
تمام پرونده‌های مشکوک را با داده لرزه‌ای مستند کنید	دادگاه‌ها داده لرزه‌ای را قبول می‌کنند	دعاوی حقوقی

چرا این داده برای بیمه مهم است؟

نکته اول: خسارت تجمعی Cumulative Damage

مدل‌های فعلی بیمه معمولاً یک انفجار را در نظر می‌گیرند. اما در یک حمله واقعی، ده‌ها یا صدها انفجار در یک منطقه رخ می‌دهد. این انفجارهای مکرر باعث:

- **خستگی مصالح :** Material Fatigueیک ساختمان ممکن است در برابر یک انفجار ۲ ریشتری مقاومت کند، اما پس از ۵۰ انفجار پشت سر هم، ترک‌ها بزرگتر می‌شوند و نهایتاً فرو می‌ریزد.
- **اثر تجمعی بر روان:** خسارت روانی چندین انفجار پشت سر هم بسیار بیشتر از یک انفجار است (مطالعات PTSDدر غزه و اوکراین).

نکته دوم: بزرگی تجمعی

انرژی ۱،۵۰۰ انفجار کوچک را جمع کنید:

- هر انفجار ۲ بزرگا ≈ ۱۰۰ تن TNT
- ۵۰۰ انفجار ۲ بزرگا ≈ ۵،۰۰۰ تن) TNTمعادل یک زلزله ۴٫۵ ریشتری)

مدل‌های بیمه این "انرژی تجمعی" را محاسبه نمی‌کنند. آنها هر انفجار را جداگانه می‌بینند.

نکته سوم: مشکل تشخیص Attribution

وقتی ۱،۵۰۰ انفجار در ۱۲ روز رخ می‌دهد، کدام یک باعث ترک دیوار یک ساختمان خاص شده است؟ شاید انفجار شماره ۳۰۰، شاید انفجار شماره ۱،۲۰۰، یا شاید مجموع همه آنها. این یک چالش بزرگ برای کارشناسان خسارتLoss Adjusters است.

پدیده های ژئوفیزیک جنگ و آسیب ها وپیادمدها

۱۰ پدیده پیامد مخرب ژئوفیزیک لرزه ای ویژه انفجارت جنگی

۱ .خستگی خاک(Soil Fatigue)

۲ .فاز منفی موج انفجار(Negative Phase)

۳ .خستگی مصالح(Material Fatigue)

۴ .چکش باد(Wind Hammer Effect)

۵ .اثر موج هوا بر تجهیزات دقیق صنعتی

۶ .بالاآمدگی انفجار(Ground Shock / Heave)

۷ .تشدید نوسان(Resonance)

۸ .مکش حفره‌ای(Cavitation Suction)

۹ .بالستیک ثانویه(Secondary Fragments)

۱۰ .خوردگی تنشی – تأخیری(Stress Corrosion)

۱ .خستگی خاک(Soil Fatigue)

- خاک مثل یک اسفنج است که اگر مرتباً به آن فشار بیاورید و رها کنید، خاصیت ارتجاعی خود را از دست می‌دهد. انفجارهای متوالی باعث می‌شوند ذرات خاک نسبت به هم بلغزند و فشردگی اولیه خود را از دست بدهند.

تصور کنید یک ساختمان ۵ طبقه روی خاک رسی ساخته شده است. یک انفجار در ۵۰ متری رخ می‌دهد. ظاهراً هیچ ترک بزرگی دیده نمی‌شود. اما ۳ ماه بعد، ساختمان شروع به نشست نامتقارن می‌کند: یک طرف ۳ سانتی متر و طرف دیگر ۸ سانتی متر پایین می‌رود. درها دیگر بسته نمی‌شوند و ترک‌های مورب در دیوارها ظاهر می‌شوند.

چالش های پوشش بیمه ای قبل و بعد از خرید

۲ .فاز منفی موج انفجار(Negative Phase)

موج انفجار مانند یک دمنده قوی است که اول هوا را با فشار به ساختمان می‌کوبد (فاز مثبت) و سپس ناگهان مانند یک جاروبرقی غول پیکر، هوا را به عقب می‌مکد (فاز منفی). این مکش می‌تواند از فشار اولیه هم مخرب‌تر باشد.

یک ساختمان اداری با نمای شیشه‌ای (کرتین وال) در جریان انفجار، شیشه‌های سمت داخل خرد می‌شوند (همان طور که انتظار می‌رود). اما در ظاهرچند پنجره در طبقات بالایی به سمت بیرون کنده شده و روی خیابان سقوط کرده‌اند. این کار فاز منفی بوده است.

چالش بیمه ای

بیمه گر هنگام بازدید می‌گوید: «شما ادعا می‌کنید انفجار باعث ریزش شیشه شده، ولی شیشه‌ها به بیرون افتاده‌اند، در حالی که انفجار از بیرون بوده! پس ممکن است نقص نصب یا وزش باد شدید علت باشد.» اثبات اینکه فاز منفی علت واقعی بوده، نیاز به کارشناسی پیچیده دارد و بیمه گر معمولاً آن را نمی‌پذیرد مگر اینکه شما قبلاً چنین پوششی خریده باشید.

۳ .خستگی مصالح(Material Fatigue)

وقتی یک گیره کاغذ را چند بار جلو و عقب خم کنید، ناگهان می‌شکند. این خستگی فلز است. انفجار هم در کسری از ثانیه ده‌ها بار خم شدن و بازگشت به مصالح ساختمان (بتن و فولاد) تحمیل می‌کند. مصالح ممکن است سر جایش بماند ولی پر از ریزترک شود.

یک تیر بتنی در سقف پارکینگ، پس از انفجار سالم به نظر می‌رسد. اما ۶ ماه بعد، یک بارندگی سنگین یا تردد یک کامیون، باعث می‌شود همان تیر بدون هشدار قبلی از وسط بشکند و فرو بریزد. علت: ریزترک‌هایی که در زمان انفجار ایجاد شده بودند، به مرور بزرگ شدند.

چالش بیمه ای

بیمه گر می‌گوید: «شکست تأخیری بعد از ماه‌ها رخ داده و شما نمی‌توانید ثابت کنید که علت آن انفجار ۶ ماه پیش بوده است. ممکن است نقص ساخت، بار اضافی یا خوردگی طبیعی علت باشد.» اثبات رابطه علت و معلولی برای شما هزینه بر و دشوار است و اغلب بیمه خسارت نمی‌دهد.

۴ .اثر چکش باد(Wind Hammer Effect)

وقتی موج هوایی انفجار به یک ساختمان بلند برخورد می‌کند:

۱ .فشار مثبت ابتدا به نمای رو به انفجار فشار می‌آورد

۲ .موج به دور ساختمان می‌پیچد و در پشت ساختمان یک منطقه کم فشار (خلاء نسبی) ایجاد می‌کند

۳ .هوای پرفشار از طرف دیگر ساختمان با سرعت به سمت منطقه کم فشار حرکت می‌کند

۴ .این جریان هوای پرفشار (چکش باد) به نمای پشتی ساختمان ضربه می‌زند – گاهی شدیدتر از ضربه اولیه

در بازدید های میدانی ممکن است کارشناس چنین تصور کند که با توجه به اینکه نمای جلویی ساختمان در مقابل موج بوده آسیب ندیده ولی نمای پشت ساختمان اسیب دیده و آن را نپذیرد در حالی که آسیب جدی نمای پشتی ساختمان واقعا بر اثر انفجار بوده است.

۵ .اثر موج هوا بر تجهیزات دقیق صنعتی

تجهیزات حساس (مانند برد الکترونیکی، ترانسفورماتور، موتورهای دقیق) مانند یک لیوان بلورین هستند. شاید ضربه نخورند، ولی لرزش شدید باعث می‌شود ریزترک‌هایی روی برد یا نامیزانی در محور موتور ایجاد شود که بعداً کارکرد دستگاه را مختل می‌کند.

یک موتورخانه مرکزی در زیرزمین ساختمان، پس از انفجار هنوز کار می‌کند. اما یک ماه بعد، پمپ اصلی شروع به لرزش عجیب می‌کند و نهایتاً می‌سوزد. علت: شوک انفجار باعث جابجایی کوپلینگ موتور به اندازه ۰,۱ میلی‌متر شده بود (نامیزانی محور). این مقدار برای چشم غیرمسلح دیده نمی‌شود اما برای دستگاه کافی است تا بمیرد.

چالش بیمه ای

بیمه‌نامه استاندارد ساختمان معمولاً دستگاه‌های ثابت (موتورخانه، آسانسور، پله برقی) را تحت پوشش «ماشین آلات» دارد. اما برای اثبات اینکه نامیزانی یا سوختگی ناشی از شوک انفجار بوده نه فرسودگی عادی، باید کارشناسی دقیق و گرانی انجام دهید.

ضمن اینکه باز هم استثنای جنگ، بیمه گر را از پرداخت معاف می‌کند.

۶ .بالاآمدگی انفجار (Ground Shock)

انفجار فقط از طریق هوا آسیب نمی‌زند. زمین هم این موج را بسیار سریع‌تر (۵ تا ۱۰ برابر سرعت صوت در هوا) منتقل می‌کند. این ارتعاش زیرزمینی باعث می‌شود پی ساختمان مانند یک تشک تکان بخورد.

ساختمانی با فونداسیون نواری در فاصله ۱۰۰ متری محل انفجار. هیچ ترک سطحی در نما دیده نمی‌شود. اما در زیرزمین، دیوارهای فونداسیون ترک‌های عمودی پیدا کرده‌اند که از کف تا سقف امتداد دارند. علت: موج زمینی (بدنه) که از پایین به فونداسیون برخورد کرده و آن را خم کرده است.

چالش بیمه ای

از آنجا که این ترک‌ها در زیرزمین و پشت دیوارها هستند، معمولاً ماه‌ها کشف نمی‌شوند. وقتی کشف می‌شوند، بیمه گر می‌گوید: «نشریه نشان می‌دهد که این ترک‌ها قدیمی هستند و ربطی به حادثه مشخصی ندارند.» و چون علت آن «انفجار» (که مستثنی است) می‌باشد، هیچ غرامتی پرداخت نمی‌کند.

۷ .تشدید نوسان(Resonance)

هر ساختمان مثل یک چنگ، فرکانس طبیعی خودش را دارد. اگر موج انفجار دقیقاً هم فرکانس باشد، ساختمان مثل یک فرد روی ترامپولین شروع به جهش می‌کند و دامنه نوسان خیلی بیشتر از حد معمول می‌شود.

دو ساختمان کاملاً مشابه در دو طرف محل انفجار. یکی از آنها (که ارتفاع ۵ طبقه دارد) تخریب جزئی می‌بیند، اما دیگری (۶ طبقه) ترک‌های بسیار بیشتری دارد. چون فرکانس طبیعی ساختمان ۶ طبقه با فرکانس غالب انفجار همخوانی داشته و باعث بزرگتر شدن اثر شده است. یک طبقه تفاوت، همه چیز را عوض کرده است.

چالش بیمه ای

بیمه گر به ساختمان دوم می‌گوید: «نمی‌توانیم خسارت بیشتر شما را نسبت به ساختمان همسایه توجیه کنیم. شاید ساختمان شما قبلاً ضعیف بوده یا تعمیر و نگهداری نشده است.» این ادعا در حالی است که تفاوت فیزیکی (تشدید) علت واقعی بوده، اما اثبات آن نیاز به دینامیک سازه و تحلیل فرکانسی دارد که بیمه تمایلی به پذیرش آن ندارد.

اثر خاک و ساختگاه در انفجار در مقایسه با زلزله

چرا یک ساختمان روی خاک نرم، در برابر انفجار آسیب‌پذیرتر است؟

مورد واقعی – سوریه، حومه دمشق، ۲۰۱۷:

دو ساختمان کاملاً مشابه (ساخت ۲۰۰۸، ۵ طبقه، اسکلت بتنی یکسان) در فاصله ۲۰۰ متری از یک انفجار ۱۰۰۰ کیلوگرمی. فاصله هر دو ساختمان از مرکز انفجار تقریباً برابر (۲۱۰ و ۱۹۰ متر). اما خسارت:

ساختمانB	ساختمانA	مشخصه
رس سست(V_s = 180 m/s)	سنگ آهک متراکم(V_s = 800 m/s)	نوع خاک زیر پی
ترک‌های باز (3-5mm) در همه نماها	ترک‌های مویی در نمای جنوبی	خسارت ظاهری روز اول
۲۲ میلی‌متر	۲ میلی‌متر	نشست پی پس از ۱ ماه
تخریب کامل، ۲۳ میلیون دلار خسارت	نیاز به تعمیر ۴۰،۰۰۰ دلار	وضعیت پس از ۱۸ ماه

سرعت موج برشی (V_s) به عنوان کلید تشخیص

در ژئوفیزیک، خاک‌ها را بر اساس سرعت موج برشی (Shear Wave Velocity - V_s) طبقه‌بندی می‌کنند:

کلاس خاک	V_s (m/s)	نوع خاک	مثال
A (سنگ سخت)	>1500	گرانیت، آهک متراکم	کوهستان‌های شمال ایران
B (سنگ نرم)	760-1500	ماسه سنگ، آهک شکسته	حومه تهران (مناطق شمالی)
C (خاک بسیار متراکم)	360-760	ماسه متراکم، شن	بخش‌هایی از جنوب تهران
D (خاک سفت)	180-360	رس سفت، ماسه متوسط	دشت‌های اطراف کرج
E (خاک نرم)	<180	رس نرم، سیلت، خاک دستی	حاشیه دریاچه ارومیه، مرداب‌ها

هرچه V_s کمتر باشد (خاک نرم‌تر) = خسارت ناشی از انفجار بیشتر (برخلاف زلزله)

چرا خاک نرم انفجار را تقویت می‌کند؟ (فیزیک پدیده)

سه مکانیسم اصلی:

۱ .پدیده کاویتاسیون موقت(Temporary Cavitation)

وقتی موج فشاری انفجار به یک خاک نرم و اشباع از آب می‌رسد:

- **فشار منفی دنباله موج (موج مکش) حباب‌های بخار در آب منافذ ایجاد می‌کند**
- **حباب‌ها فرو می‌ریزند و یک موج ضربه ثانویه (Cavitation Shock)تولید می‌شود**
- **این موج ثانویه به پی ساختمان ضربه می‌زند، در حالی که موج اصلی قبلاً عبور کرده**

مثل این است که شخصی به شما مشت می‌زند (موج اول)، و یک میلی‌ثانیه بعد با یک وزنه ۲ کیلویی دوباره ضربه می‌زند (موج حفره‌ای). خاک نرم این اثر «ضربه دوم» را ایجاد می‌کند؛ ولی در پی سنگی این اتفاق نمی افتد.

۲ .اثر تمرکز موج(Wave Focalization)

خاک نرم معمولاً دارای لایه‌بندی است (رس نرم روی ماسه، روی رس سفت). تغییر ناگهانی سرعت موج در مرز لایه‌ها باعث شکست و خمیدگی موج می‌شود. در شرایط خاص، موج به یک نقطه (درست زیر پی ساختمان) متمرکز می‌شود.

نتیجه :فشار در آن نقطه تا ۵ برابر فشار موج ورودی افزایش می‌یابد.

۳ .ضریب تراکم پذیری بالا(High Compressibility)

خاک نرم مانند یک اسفنج عمل می‌کند. موج انفجار ابتدا خاک را فشرده می‌کند (جذب انرژی)، اما وقتی موج عبور کرد، خاک به سرعت باز می‌گردد (بازگشت فنری). این بازگشت ناگهانی یک موج ثانویه رو به بالا تولید می‌کند که از پایین به پی ساختمان شوک وارد می‌کند.

۸ .مکش حفره‌ای(Cavitation Suction)

در خاک‌های پرآب (نزدیک ساحل یا سفره آب زیرزمینی)، فاز منفی موج انفجار می‌تواند فشار آب درون خاک را آنقدر پایین بیاورد که آب به بخار تبدیل شود (جوشیدن در دمای محیط!). وقتی فشار برگردد، حباب‌های بخار منفجر می‌شوند و خاک به شدت جمع می‌شود. چسبندگی بین ذرات را از بین می برد.

ساختمانی نزدیک ساحل دریا روی خاک ماسه‌ای اشباع. انفجاری در نزدیکی رخ می‌دهد. ساختمان سر پاست. اما ۲ هفته بعد، ناگهان یک گوشه ساختمان ۱۵ سانتی متر فرو می‌نشیند. علت: کاویتاسیون (تبخیر و ترکیدن حباب آب در خاک) که لایه زیرین را سست کرده است.

چالش بیمه ای

این نوع نشست بسیار ناگهانی و تأخیری است.

«نشست ناگهانی با انفجار همزمان رخ نمی‌دهد، پس ظاهرا ربطی به جنگ ندارد. مکن است ادعا شود شکست لوله زیرزمینی یا تغییر سطح آب زیرزمینی علت بوده است.»

هیچ بیمه‌نامه استانداردی چنین پدیده عجیبی را بدون کارشناسی بسیار دقیق نمی‌پذیرد.

۹ .بالستیک ثانویه(Secondary Fragments)

وقتی یک ساختمان منفجر یا تخریب می‌شود، قطعات آن (شیشه، آجر، آرماتور، سنگ نما) مانند گلوله به ساختمان‌های مجاور برخورد می‌کنند. این قطعات خودشان مبدل به مهمات جنگی می‌شوند.

ساختمان A در اثر انفجار منهدم می‌شود. یک قطعه آجر ۲ کیلویی از A با سرعت ۱۰۰ متر بر ثانیه به نمای ساختمان B که ۳۰ متر آن طرف‌تر است اصابت می‌کند. درB ، فقط یک سوراخ موضعی در نما ایجاد می‌شود. ولی ۴ ماه بعد، آن نقطه از نما فرو می‌ریزد چون آجر باعث پارگی اتصالات پشتی و ورود آب به داخل شده بود.

چالش بیمه ای

آسیب اولیه در ۴ ماه پیش بوده و بیمه گذار پس از ۴ ماه آسیب را متوجه شده است. به راحتی نمی‌شود ثابت کرد که ریزش فعلی مربوط به همان قطعه است. آب‌زدگی یا نقص نگهداری هم بوده است.» ضمن اینکه منشأ قطعه از ساختمان A بوده که در اثر جنگ تخریب شده، بنابراین خسارت B هم تحت استثنای جنگ قرار می‌گیرد.

۱۰ .خوردگی تنشی – تأخیری(Stress Corrosion)

انفجارها گازهایی مثل) CO_2 دی‌اکسید کربن(، NOx(اکسیدهای نیتروژن) و SO_2 (دی‌اکسید گوگرد) تولید می‌کنند. این گازها با رطوبت هوا اسید تشکیل می‌دهند. اسید به درون ریزترک‌های بتن نفوذ کرده و میلگردها را خورده می‌کند؛ خوردگی‌ای که یک سال بعد خودش را نشان می‌دهد.

ساختمانی ۱۰۰ متری دورتر از یک انفجار بزرگ صنعتی (مثل پالایشگاه). هیچ ترک قابل مشاهده‌ای نیست. یک سال بعد، بخشی از سقف بتنی طبقه سوم فرو می‌ریزد. بررسی نشان می‌دهد میلگردها در طول یک سال به شدت زنگ زده‌اند (ضخامت زنگ ۴ میلی‌متر) در حالی که سن ساختمان فقط ۵ سال است. علت: نفوذ اسید ناشی از گازهای انفجار به داخل ریزترک‌های حاصل از موج فشار.

چالش بیمه ای

بیمه گر می‌گوید: «خوردگی یک فرآیند تدریجی و تاخیری است و بیمه‌نامه‌های استاندارد، خسارت تدریجی (Gradual Damage)و خوردگی (Corrosion) را صراحتاً استثنا می‌کنند. شما باید ثابت کنید که خوردگی ظرف یک سال به این مرحله رسیده و این فقط در اثر یک انفجار خاص (که جنگ است) بوده است.» اثبات این قضیه تقریباً غیرممکن است.

جمعبندی : دو دسته اصلی خسارت های ناشی از انفجارت جنگی

دسته اول: خسارت‌های فوری و آشکار (کسی نمی‌تواند انکار کند)

- ریزش کامل ساختمان در لحظه انفجار
- ترک‌های عمودی و مورب در دیوارها
- شکسته شدن شیشه‌ها و نمای ساختمان
- تخریب تأسیسات (آسانسور، موتورخانه، لوله‌کشی)

دسته دوم: خسارت‌های تأخیری و پنهان (همان ۱۰ پدیده)

- نشست ناگهانی خاک بعد از جنگ (کاویتاسیون)
- ریزش نما بعد از جنگ (بالستیک ثانویه)
- شکست تیر بتنی ۶ ماه بعد (خستگی مصالح)
- زنگ زدگی میلگردها ۱ سال بعد (خوردگی تنشی)

سوال:
هر دو دسته خسارت را داریم. اما بیمه برای کدام یک آماده است؟

واقعیت امروز صنعت بیمه در ارتباط با خسارات جنگ

اثر بر سیستم بیمه–دولت	توضیح فنی	چالش
منجر به بررسی مجدد و دیرهنگام پرونده‌ها و افزایش هزینه‌ها می‌شود.	خسارت تأخیری در لحظه انفجار قابل اندازه‌گیری یا مشاهده نیست.	۱. نبود تفکیک علت در صحنه اولیه
بیمه خصوصی مسئولیتی در قبال خسارت جنگ (چه فوری، چه تأخیری) ندارد.	در تمام بیمه‌نامه‌های استاندارد ایران (آتش‌سوزی، زلزله، مهندسی)، جنگ به صراحت جزء استثنائات است.	۲. عدم پوشش بیمه‌ای جنگ در استانداردها
جنگ، مصداق «حادثه طبیعی» نیست. بنابراین صندوق نه وظیفه دارد، نه منابع و بودجه لازم برای پرداخت خسارت جنگ.	صندوق موجود، بر اساس قانون برای مخاطرات طبیعی (زلزله، سیل، طوفان و ...) طراحی شده است. پوشش خسارت جنگ در اساسنامه صندوق پیش‌بینی نشده است.	۳. محدودیت دامنه صندوق بیمه حوادث طبیعی
هر کارشناسی ممکن است نظر متفاوتی بدهد. این موضوع زمینه‌ساز اختلافات حقوقی و دادگاه‌های متعدد می‌شود.	برای پدیده‌هایی مثل کاویتاسیون یا خستگی خاک، هیچ پروتکل استانداردی در ایران وجود ندارد.	۴. نبود استاندارد فنی برای تشخیص خسارت تأخیری
بیمه یا دولت مجبور می‌شوند پول خسارت را به افراد غیرمتضرر پرداخت کنند یا درگیر فرآیندهای طولانی اثبات شوند.	عدم امکان تشخیص دقیق، بستر را برای ادعاهای خسارت غیرواقعی (تقلب) هموار می‌کند.	۵. تقلب و سوءاستفاده

گام نخست: اندازه گیری خسارتها

آیا برآورد خسارت لرزه‌ای انفجار ضرورت دارد؟

ردیف	دلیل	توضیح فنی
۱	تخصیص بهینه منابع مالی محدود	دولت و صندوق‌ها نمی‌توانند به همه ساختمان‌ها به یک اندازه خسارت بدهند. برآورد دقیق مشخص می‌کند کدام مناطق آسیب بحرانی‌تر دیده‌اند.
۲	اولویت‌بندی ایمنی عمومی	بعضی ساختمان‌ها بعد از انفجار سرپا می‌مانند اما در اثر خسارت تأخیری (مثل خستگی خاک یا کاویتاسیون) مستعد ریزش ناگهانی هستند. برآورد، این ساختمان‌ها را شناسایی می‌کند.
۳	پیشگیری از شکایت‌های حقوقی	اگر برآورد مستند و علمی وجود داشته باشد، هم دولت و هم بیمه در برابر ادعاهای خسارت یا اتهام قصور، از خود دفاع می‌توانند بکنند

سه دلیل محکم داریم. اول: منابع مالی محدود است. نه دولت، نه صندوق، نه هیچکس دیگر پول نامحدود ندارد. اگر ندانیم کدام محله بحرانی‌تر است، پول را جای اشتباه خرج می‌کنیم. دوم: ایمنی مردم. بعضی ساختمان‌ها الان سرپایند، اما دو ماه دیگر ناگهان فرو می‌ریزند. اگر از قبل برآورد کرده باشیم که کدام ساختمان‌ها در معرض خسارت تأخیری هستند،. سوم: دفاع حقوقی. اگر برآورد علمی داشته باشیم، هم دولت در دادگاه محکوم نمی‌شود، هم بیمه اتهام قصور نمی‌خورد.

۳. برآورد خسارت لرزه‌ای ناشی از انفجارهای جنگی به ساختمان‌ها

- شاخص های بنیادی برای ارزیابی خسارت های تاخیری
- خسارت های تحت پوشش بیمه در محل

سازمان ها، نهادها و موسسات مسئول اندازه گیری شاخصها وخسارتها

شناسایی و دسته‌بندی ساختمان‌های آسیب‌دیدهاندازه‌گیری‌های تخصصی در محل انفجار و پیرامون آن هیچ‌گاه وظیفه بیمه نیست. این اقدامات بر عهده نهادهای فنی و تخصصی کشور است:

- **سازمان مدیریت بحران (هماهنگ‌کننده اصلی)**
- **مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (متولی استانداردها و مطالعات تخصصی ساختمان)**
- **سازمان پدافند غیرعامل (متولی مدلسازی تهدیدات و انفجار)**
- **پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله و مرکزلرزه نگاری کشور (متولی ثبت لرزه‌ای)**
- **مرکزتحقیقات راه مسکن وشهرسازی متولی ثبت شتاب زمین**
- **سازمان پیشگیری ومدیریت بحران شهرداری شناسایی و دسته‌بندی ساختمان‌های آسیب‌دیده**

تفکیک پیشنهادی برای اندازه گیری شاخص های ژئوفیزیک جنگ مورد نیاز صنعت بیمه

خروجی قابل استفاده برای بیمه	مسئول جمع‌آوری (وظیفه)	نوع داده / اقدام	ردیف
تعیین فاصله ساختمان‌ها از مرکز انفجار	سازمان مدیریت بحران (هماهنگ‌کننده اصلی)	موقعیت دقیق مرکز انفجار)مختصات جغرافیایی(	۱
تخمین مقدار مواد منفجره(W)	سازمان پدافند غیرعامل	ابعاد حفره انفجار)قطر، عمق(	۲
تعیین ضریب انتقال موج انفجار برای هر منطقه	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	نوع و جنس خاک بستر)سرعت موج برشی، چگالی، رطوبت(	۳
تعیین آستانه خسارت برای انواع ساختمان‌ها	پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مرکز لرزه‌نگاری کشور	حداکثر سرعت ذرات زمین (PPV) در فواصل مختلف از مرکز	۴
تشخیص خطر تشدید (Resonance) با ساختمان‌های اطراف	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (متولی ثبت شتاب زمین)	شتاب ذرات زمین (PPA) و فرکانس غالب ارتعاش	۵
برآورد خسارت برای مناطقی که داده میدانی ندارند	سازمان پدافند غیرعامل	مدلسازی عددی انفجار)شبیه‌سازی با نرم‌افزارهای تخصصی(	۶
اثبات خسارت تأخیری (نشست ناگهانی هفته‌ها بعد)	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	نمونه‌برداری از خاک برای تشخیص کاویتاسیون)آزمایش(SEM	۷
اثبات خسارت تأخیری (شکست تأخیری تیر یا ستون)	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	نمونه‌برداری از بتن و میلگرد برای تشخیص خستگی و خوردگی تنشی	۸
خروجی دسته‌بندی (سطح ۱ تا ۴) برای تصمیم‌گیری پرداخت	سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهرداری + بیمه (برای ساختمان‌های تحت پوشش خود)	شناسایی و دسته‌بندی ساختمان‌های آسیب‌دیده)بر اساس شدت خسارت ظاهری(	۹
تعیین هزینه تعمیرات	بیمه)کارشناس بیمه با کیت ساده(	اندازه‌گیری عرض، طول و الگوی ترک در ساختمان بیمه‌شده	۱۰
تشخیص نیاز به تخلیه فوری یا تعمیرات اساسی	بیمه)کارشناس بیمه با شاقول و تراز لیزری(	اندازه‌گیری جابه‌جایی طبقات (Drift) و نشست کف(Settlement)	۱۱
برآورد هزینه تعویض نما یا شیشه	بیمه)کارشناس بیمه با متر نواری(	اندازه‌گیری سطح نما یا شیشه شکسته	۱۲
مدارک برای دفاع در دادگاه	بیمه)کارشناس بیمه با دوربین یا موبایل(	ثبت عکس و فیلم از وضعیت ساختمان (مستندسازی)	۱۳
تشخیص خسارت تأخیری (نشست تدریجی، رشد ترک)	بیمه)کارشناس بیمه با بازدیدهای ماهانه(	پایش دوره‌ای ساختمان‌های بیمه‌شده (تا ۱۲ ماه پس از انفجار)	۱۴

مطالعه موردی ترکیبی – جنگ ۱۲ روزه ایران و اسرائیل (سناریوی آموزشی)

برای درک بهتر تمام مفاهیم قطبش ، یک سناریوی فرضی (اما کاملاً مبتنی بر فیزیک واقعی) را در نظر بگیرید:

یک شهرک صنعتی در حومه تهران، شامل ۳ کارخانه

- **کارخانه A: داروسازی (تجهیزات دقیق)**
- **کارخانه B: تولید قطعات خودرو (سوله فولادی)**
- **کارخانه C: انبار مواد شیمیایی (ساختمان بتنی)**

رویداد: جنگ ۱۲ روزه: فرض کنید در روز سوم، یک موشک دوربرد اسرائیلی با ۵۰۰ کیلوگرم مواد منفجره در فاصله ۲۰۰ متری کارخانه A منفجر می‌شود.

آنچه باید در گزارش کارشناس بیمه دیده شود (اما معمولاً دیده نمی‌شود):

اهمیت	مقدار واقعی	پارامتر
کارخانه B (سوله فولادی با فرکانس طبیعی ۴ هرتز) آسیب کمی می‌بیند، اما کارخانه C (دیوار بتنی با فرکانس ۳۰ هرتز) ترک برمی‌دارد	35هرتز	فرکانس غالب موج
تجهیزات دقیق کارخانه A زمان جذب انرژی را ندارند – لرزش گیرها کار نمی‌کنند	18میلی‌ثانیه	مدت زمان موج مثبت
پنجره‌ها می‌شکنند، اما درب‌های سنگین سالم می‌مانند	2.5بار	نسبت فشار اوج (شعاع ۲۰۰ متر)
ستون‌های فولادی کارخانه B خمیدگی عمودی نشان می‌دهند (اگر کارشناس نداند، به حساب نقص قبلی می‌گذارد)	عمودی	قطبش غالب

آسیب‌های تاخیری که ۶–۱۲ ماه بعد ظاهر می‌شوند:

۱. **کارخانه A :** دستگاه‌های HPLC (کروماتوگرافی) – خروج از کالیبراسیون – کشف در ممیزی کیفیت (ماه ۹)

۲. **کارخانهB :** ترک‌های مویی در اتصالات جوشی سقف – نشت آب هنگام باران – کشف در ماه ۱۱

۳. **کارخانه C :**کاهش ۴۰٪ مقاومت بتن در نمونه‌برداری ماه ۸ (تسریع خوردگی آرماتورها)

اگر بیمه‌گر بر اساس تجربه زلزله عمل کند:

- خسارت اولیه برآورد: ۱۸۰،۰۰۰ میلیون تومان (فقط شیشه‌ها و نما)
- خسارت واقعی پس از ۱۲ ماه: ۱،۲۰۰،۰۰۰ تومان (شامل تعویض تجهیزات، تعمیرات گسترده، و هزینه‌های حقوقی)

ضرر شرکت بیمه:

- ذخیره‌گیری ناکافی اولیه
- ورشکستگی در صورت چندین پرونده مشابه
- از دست دادن اعتبار در بازار

نمونه واقعی از جنگ ۴۰ روزه

تأسیسات نفتی خلیج فارس، ۱۵ کیلومتری ساحل بوشهر. جنگ ۴۰ روزه، شامل ۳ انفجار بزرگ زیردریایی و ۱۲ انفجار هوایی نزدیک تأسیسات.

داده‌های لرزه‌ای ثبت شده توسط شبکه جهانی:

تشخیص الگوریتم	نسبتP/S	بزرگای لرزه‌ای	تاریخ	رویداد
انفجار زیر آب	6.1	2.9	روز ۱۲	انفجار زیردریایی شماره ۱
انفجار سطحی	3.8	2.1	روز ۱۸	انفجار هوایی نزدیک سکو
زلزله طبیعی	0.2	4.2	روز ۲۵	زلزله طبیعی (خلیج فارس)
انفجار زیر آب	5.7	3.1	روز ۳۳	انفجار زیردریایی شماره ۲

چالش برای بیمه دریایی:

- **بیمه‌نامه پلتفرم نفتی: خسارت ناشی از زلزله و طوفان پوشش دارد، جنگ و تروریسم مستثنی است**
- **ادعای بیمه‌گذار: «رویداد روز ۲۵ زلزله ۴٫۲ بوده و خسارت اصلی را به بار آورده است.**

ولی داده لرزه‌ای نشان می‌دهد که خسارت اصلی مربوط به انفجار شماره ۲ در روز ۳۳ است

(دامنه بالاتر، نزدیک‌تر به سکو)

رأی دادگاه فرضی: پذیرش داده لرزه‌ای با ادله علمی

. شرکت بیمه فقط موظف به پرداخت خسارت ناشی از زلزله روز ۲۵ شد. خسارت انفجار روز ۳۳ به دلیل استثنای جنگ پرداخت نشد.

چالش‌های بیمه‌ای در ارزیابی و پرداخت خسارت انفجارهای متعدد

ردیف	نوع چالش	توضیح چالش	مشکل تقدم/تأخر	مشکل علت اصلی	وضعیت مدل فعلی بیمه	پیشنهاد برای بازنگری
۱	**خسارت تجمعی**	سازه در اثر مجموع چندین انفجار (مثلاً ۵۰ انفجار پشت سر هم) تخریب می‌شود، نه یک انفجار خاص.	کدام انفجار را مبنای پرداخت قرار دهیم؟ اول؟ آخر؟ میانگین؟	آخرین انفجار به تنهایی قدرت تخریب نداشت. انفجارهای قبلی سهم اصلی را داشتند اما خارج از دوره بیمه یا تحت پوشش نبوده‌اند.	وجود ندارد .مدل‌های فعلی فقط یک انفجار را محاسبه می‌کنند.	توسعه مدل "خستگی مصالح " (Material Fatigue)و "انرژی تجمعی جذبی (Cumulative Absorbed Energy) "
۲	**تأخیر زمانی بین انفجار و خسارت**	خسارت (مثلاً فروپاشی ساختمان) هفته‌ها یا ماه‌ها پس از آخرین انفجار رخ می‌دهد.	آیا خسارت به انفجار (تحت پوشش) نسبت داده می‌شود یا به رویدادهای بعدی (مثلاً بارندگی)؟	اگر بارندگی (معمولاً استثنای بیمه) باعث نفوذ آب به ترک‌های ناشی از انفجار و فروپاشی شود، علت اصلی چیست؟	ابهام کامل .معمولاً بیمه می‌گوید "علت اصلی بارندگی است" و پرداخت را رد می‌کند.	افزودن بند "علت تسریع‌کننده " (Accelerating Cause)در بیمه‌نامه. هر رویدادی که خسارت ناشی از انفجار را تسریع کند، تحت پوشش باشد.
۳	**تقدم و تأخر پوشش زمانی**	برخی انفجارها در دوره اعتبار بیمه‌نامه رخ داده‌اند، برخی قبل یا بعد.	اگر ۳۰ انفجار خارج از دوره و ۲۰ انفجار داخل دوره باعث تخریب شوند، سهم بیمه چقدر است؟	بیمه می‌گوید: "فقط سهم انفجارهای داخل دوره را می‌پردازم." اما تفکیک سهم هر انفجار غیرممکن است.	وجود ندارد .مدلی برای تخصیص سهم به انفجارهای مختلف وجود ندارد.	استفاده از مدل "انرژی نسبی " (Relative Energy):سهم بیمه = (انرژی کل انفجارهای داخل دوره) / (انرژی کل همه انفجارها)
۴	**تقدم و تأخر پوشش مکانی**	برخی ساختمان‌ها در شعاع تخریب مستقیم، برخی در شعاع امواج لرزه‌ای ثانویه (از طریق تونل‌ها).	آیا خسارت ساختمانی که در فاصله ۵ کیلومتری از طریق تونل مترو آسیب دیده، مشمول "انفجار" است یا "زلزله" (که معمولاً استثناست)؟	اگر امواج از تونل عبور کرده و تشدید شده باشند، آیا این "انفجار" است یا "انتقال غیرمستقیم"؟	ابهام کامل .اکثر بیمه‌نامه‌ها "انتقال از طریق زمین" را پوشش نمی‌دهند.	افزودن بند "انتقال موج از طریق هر محیط (Solid, Liquid, Gas) "در تعریف انفجار.
۵	**همپوشانی با استثنائات بیمه‌ای (زلزله، نشست زمین، سیل)**	امواج ناشی از انفجار عمقی، اثری مشابه زلزله (لرزش) و نشست زمین (فرونشست) ایجاد می‌کند.	اگر خسارت شبیه زلزله باشد اما منبع آن انفجار باشد، کدام بند بیمه‌نامه اعمال می‌شود؟	بیمه می‌گوید: "این زلزله است (استثنا)" یا "نشست زمین است (استثنا)" و پرداخت را رد می‌کند.	شکاف فاحش .بیمه‌نامه‌ها "انفجار" را تعریف کرده‌اند اما "اثرات ثانویه انفجار از طریق زمین" را تعریف نکرده‌اند.	افزودن تعریف شفاف: "هر گونه لرزش، جابجایی، نشست یا تغییر شکل زمین که مستقیماً ناشی از انفجار باشد، تحت پوشش است".
۶	**خسارت شیمیایی و آلودگی آب**	نفوذ مواد سمی ناشی از انفجار به سفره‌های آب زیرزمینی، ماه‌ها پس از انفجار ظاهر می‌شود.	خسارت (آلودگی آب شرب یک شهر) چه زمانی رخ داده است؟ در زمان انفجار؟ یا در زمان تشخیص (ماه‌ها بعد)؟	بیمه می‌گوید: "شما باید ثابت کنید این آلودگی دقیقاً از انفجار شماست، نه از منابع دیگر." اثبات آن بسیار دشوار است.	وجود ندارد .مدلی برای ردیابی آلودگی شیمیایی ناشی از انفجار در آب‌های زیرزمینی وجود ندارد.	الزام به "پایش پیش‌گیرانه " (Baseline Monitoring)قبل از وقوع بحران. استفاده از ایزوتوپ‌های شاخص.
۷	**خسارت روانی(PTSD) ، اضطراب، ترک خانه**	انفجارهای مکرر باعث اختلالات روانی گسترده در جمعیت می‌شود.	آیا خسارت روانی "مستقیماً" ناشی از انفجار است یا ناشی از "ترس از انفجار بعدی"؟	بیمه می‌گوید: "ما خسارت روانی ناشی از ترس از آینده را پوشش نمی‌دهیم".	وجود ندارد .اکثر بیمه‌نامه‌های ایران خسارت روانی را تحت پوشش قرار نمی‌دهند مگر در موارد خاص (حوادث رانندگی با آسیب فیزیکی همراه).	طراحی "بیمه اختلالات روانی ناشی از بلایا (Disaster-Induced " Mental Health Insuranceبه صورت جداگانه.
۸	**خسارت تأخیری به زیرساخت (خط لوله، پل، سد)**	ترک‌های میکروسکوپی در خط لوله گاز، ماه‌ها بعد باعث پارگی و انفجار می‌شود.	خسارت نهایی (انفجار خط لوله) در زمان انفجار اصلی رخ داده یا در زمان پارگی (ماه‌ها بعد)؟	بیمه می‌گوید: "شما باید ثابت کنید پارگی خط لوله مستقیماً ناشی از انفجار اصلی است، نه خوردگی یا عوامل دیگر." اثبات آن بسیار دشوار است.	وجود ندارد .مدلی برای محاسبه "عمر باقیمانده (Remaining Life) " خطوط لوله پس از انفجار وجود ندارد.	الزام به "بازرسی اجباری با جی‌پی‌آر (GPR) "پس از هر بحران برای زیرساخت‌های حیاتی.
۹	**خسارت به ساختمان‌های دارای ترک قبلی**	ساختمانی که قبل از جنگ ترک‌های ریز داشته (ناشی از نشست طبیعی یا زلزله قبلی)، در اثر یک انفجار کوچک فرو می‌ریزد.	سهم انفجار چقدر است؟ سهم ترک‌های قبلی چقدر است؟	بیمه می‌گوید: "ساختمان شما از قبل مشکل داشته، ما فقط سهم انفجار را می‌پردازیم." اما تفکیک آن غیرممکن است.	وجود ندارد .مدلی برای محاسبه "وضعیت پیش‌بحران (Pre-Crisis Conditionوجود ندارد.	الزام به "ثبت وضعیت سازه " (Baseline Structural Survey) برای املاک بزرگ قبل از شروع دوره بیمه.
۱۰	**همزمانی انفجار با زلزله طبیعی**	یک زلزله ۴ ریشتری طبیعی در همان منطقه رخ می‌دهد و باعث تخریب ساختمانی می‌شود که قبلاً در اثر انفجارها ترک خورده بود.	سهم زلزله (استثنا) چقدر است؟ سهم انفجارها (تحت پوشش) چقدر است؟	بیمه می‌گوید: "زلزله علت اصلی بوده (چون قدرت بیشتری داشته)، پس خسارت تحت پوشش نیست".	شکاف فاحش .هیچ مدلی برای تفکیک سهم دو رویداد همزمان وجود ندارد.	استفاده از مدل "نسبت انرژی " (Energy Ratio):سهم بیمه = (انرژی انفجارها) / (انرژی زلزله + انرژی انفجارها)

۴. ارزیابی ریسک مین و مهمات منفجرنشده برای زمین و ساختمان

ارزیابی ریسک مین و مهمات منفجرنشده

در مناطق جنگی یا مناطقی که سابقه درگیری نظامی دارند، خطری فراتر از انفجار لحظه‌ای وجود دارد:

مهمات منفجرنشده: **این مهمات شامل مین‌های زمینی، بمب‌های عمل‌نکرده، خمپاره‌ها و راکت‌هایی است که منفجر نشده‌اند و سال‌ها بعد هم می‌توانند خطرناک باشند.**

در بسیاری از بیمه‌نامه‌ها، خسارت ناشی از مین و مهمات جنگی مستثنی شده، اما در پروژه‌های بزرگ و مناطق پرخطر، ارزیابی این ریسک الزامی است.

توضیح	نوع ریسک
انفجار حین حفاری یا گودبرداری	ریسک ایمنی کارگران
توقف کار تا پاکسازی منطقه	ریسک تأخیر پروژه
انفجار آسیب‌های سازه‌ای ایجاد می‌کند	ریسک خسارت به ساختمان

مهمات منفجرنشده چیست؟

این مهمات سال‌ها و حتی دهه‌ها پس از جنگ، همچنان خطرناک هستند. حفاری، گودبرداری و حتی راه رفتن روی زمین می‌تواند آنها را منفجر کند.

مثال	نوع
مین‌های ضد نفر و ضد خودرو	مین‌های زمینی
بمب‌های هوایی که منفجر نشده‌اند	بمب‌های عمل‌نکرده
مهمات شلیک شده اما عمل نکرده	خمپاره و راکت
مهمات رها شده در پادگان‌ها و میدان‌های تمرین	مواد منفجره باقیمانده از جنگ

۵. مدلسازی مالی خسارت جنگ و ارزیابی توانگری صنعت بیمه

تاریخچه بیمه جنگ

از ۳۰۰ سال پیش تا امروز، یک قانون ثابت در صنعت بیمه جهان حاکم است:
بیمه‌گر خصوصی به تنهایی نمی‌تواند ریسک جنگ را بپذیرد.

درس گرفته شده	رویداد	دوره
ریسک جنگ را نمی‌توان به تنهایی پذیرفت	تولد بیمه جنگ در لندن	قرن ۱۸
حتی صندوق‌های مشترک هم ورشکست می‌شوند	جنگ جهانی اول	۱۹۱۸–۱۹۱۴
دولت‌ها باید پشتیبان نهایی باشند	جنگ جهانی دوم	۱۹۴۵–۱۹۳۹
تروریسم هم مثل جنگ، نیازمند پشتوانه دولتی است	حملات ۱۱ سپتامبر	۲۰۰۱

«جهان این درس را گرفته است. حالا نوبت ماست که از این تجربه استفاده کنیم.»

در سال ۲۰۲۶، در سطح بین‌المللی، هیچ بیمه‌گری ساختمان مسکونی را در برابر جنگ پوشش نمی‌دهد. این یک واقعیت فنی است، نه یک تصمیم سیاسی.

توضیح	دلیل
در جنگ، هزاران ساختمان یکجا و همزمان تخریب می‌شوند. برخلاف آتش‌سوزی که تصادفی است، در جنگ «همبستگی کامل» داریم.	۱. همه با هم تخریب می‌شوند
بیمه‌گر نمی‌داند جنگ کی شروع می‌شود، کجا می‌شود، چقدر طول می‌کشد.	۲. نمی‌توان پیش‌بینی کرد
خسارت یک جنگ می‌تواند از کل سرمایه صنعت بیمه یک کشور بیشتر باشد.	۳. خسارت نامحدود است

محدودیت	شرایط	مثال	مدل
حق بیمه بسیار بالا (تا ۵٪ ارزش کشتی در هر سفر)	فقط برای کشتی‌ها و هواپیماها در مسیرهای خاص (مثل خلیج فارس)	لوییدز لندن، باشگاه‌های P&I	۱. بیمه ریسک جنگ دریایی و هوایی
فقط در کشورهای خاص و فقط برای حملات تروریستی	پوشش تروریسم (نه جنگ تمام‌عیار) با پشتوانه دولت	Pool Reبریتانیا، GAREATفرانسه، TRIAآمریکا	۲. بیمه اتکایی دولتی صندوق مشترک (Pool)
جواب خسارت دقیق ساختمان‌ها را نمی‌دهد	پوشش از کار افتادن بنادر، فرودگاه‌ها، و قطع اینترنت	اوکراین ۲۰۲۵–۲۰۲۳	۳. بیمه پارامتریک برای زیرساخت‌ها

کاربرد داده های ژئوفیزیک جنگ در ارائه الگوی بیمه جنگ

۱. ارزیابی ریسک ((Risk Assessment

برای شناسایی مناطق و دارایی‌های پرخطر پیش از وقوع حادثه:

- پهنه‌بندی فرونشست ناشی از انفجارهای زیرزمینی: استفاده از تصاویر تداخل‌سنجی راداری ((InSARبرای شناسایی مناطقی که در اثر انفجارهای جنگی دچار نشست تدریجی خاک می‌شوند.
- شناسایی ریسک تشدید Resonanceبر اساس فرکانس خاک و سازه: تلفیق داده‌های میکروترمور (میکروزلزله‌نگاری) با اطلاعات سازه‌ای برای پیش‌بینی اینکه کدام ساختمان‌ها در برابر امواج خاص انفجار فرو می‌ریزند.
- ارزیابی آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها در برابر EMPپالس الکترومغناطیس: نقشه‌برداری از موقعیت ترانسفورماتورها و مراکز داده نسبت به منابع بالقوه EMPبرای محاسبه احتمال خاموشی سراسری.

کاربرد داده های ژئوفیزیک جنگ در ارائه الگوی بیمه جنگ

۲. محاسبه حق بیمه Premium Calculation

برای تعیین نرخ عادلانه و زیان‌ده نبودن محصولات بیمه‌ای:

•تفکیک خطر «زلزله» از «لرزش ناشی از انفجار»: محاسبه نرخ جداگانه برای خودروها و ساختمان‌های واقع در مناطق درگیر درگیری‌های مسلحانه که در آن لرزش زمین منشأ انسانی دارد نه طبیعی.

•تعریف نرخ‌های پویا Dynamic Pricingبر اساس داده‌های بلادرنگ :GPS Spoofingافزایش حق بیمه سفرهای دریایی در تنگه هرمز یا خلیج فارس بر اساس گزارش‌های ژئوفیزیکی مربوط به اختلالات ناوبری.

•مدلسازی خسارت انباشته Accumulationبرای تأسیسات همجوار: محاسبه حداکثر خسارت احتمالی (PML)با در نظر گرفتن آثار زنجیره‌ای موج انفجار بر روی شبکه برق و مخابرات در یک منطقه جغرافیایی مشخص.

- **تجدید نظر در محاسبه حق بیمه برای مناطق پر ریسک تا شعاعی از مراکز نظامی**

کاربرد داده های ژئوفیزیک جنگ در ارائه الگوی بیمه جنگ

۳. پرداخت خسارت ((Claims Adjustment

برای جلوگیری از پرداخت اشتباه خسارت‌های "مستثنی شده" جنگی:

- **تشخیص علت حادثه: "آسیب طبیعی" در مقابل "اقدام خصمانه": آنالیز طیف فرکانسی امواج برای اثبات اینکه ترک‌های فونداسیون ناشی از (Ground Shockانفجار) بوده و نه زلزله (طبیعی).**

- **اثبات خسارت‌های تاخیری Delayed Damageدر دادگاه: مستندسازی میکروترک‌های ناشی از خستگی مصالح Fatigueبا استفاده از داده‌های لرزه‌ای زمان انفجار برای رد ادعای "فرسودگی عادی" توسط بیمه‌گذار.**

- **تشخیص خسارت ناشی از GPS Spoofingدر صنعت حمل‌ونقل: تمایز بین "خطای انسانی ناوبر" (پوشش داده شده) و "حمله سایبری/الکترومغناطیسی" (استثنا شده) از طریق تحلیل لاگ‌های سیگنال‌های ماهواره‌ای در زمان حادثه.**

نکته راهبردی برای صنعت بیمه در ایران:

با توجه به تحریم‌ها و عدم دسترسی آسان به مدل‌های ریسک غربی، استفاده از داده‌های بومی ژئوفیزیک (نظیر شبکه شتاب‌نگاری و ایستگاه‌های مغناطیس‌سنجی) به عنوان یک "امضای دیجیتال" برای تشخیص اصالت خسارت، می‌تواند از ورود دعاوی حقوقی سنگین و پرداخت‌های خارج از چارچوب جلوگیری کند.

•

ژئوفیزیک جنگ؛ هفت چالش اساسی در ارزیابی ریسک

ژئوفیزیک جنگ یک پدیده چندلایه است و ارزیابی ریسک آن، فراتر از محاسبات سنتی بیمه است. بر اساس تحلیل‌های فنی و عددی، به هفت چالش اساسی باید پرداخته شود:

ردیف	چالش اصلی	تفاوت فنی با مخاطرات طبیعی	الزامات فنی و بیمه‌ای
۱	مدلسازی دینامیک تخریب سازه در مواجهه با امواج ضربه‌ای فرکانس‌بالا	در زلزله، امواج فرکانس پایین (۱۰–۰.۱ هرتز) و مدت طولانی (۶۰–۱۰ ثانیه) هستند. در انفجار، امواج فرکانس بالا (۵۰–۲+ هرتز) و مدت کوتاه (زیر ۱ ثانیه) دارند. پاسخ دینامیکی سازه کاملاً متفاوت است.	تدوین توابع آسیب ویژه انفجار (به جای کپی از مدل‌های زلزله)، بازنگری در ضرایب رفتار سازه، و طراحی فرمول‌های اکچوئری مستقل
۲	آثار تاخیری و خستگی مصالح در سازه‌های آسیب‌دیده	در زلزله، تخریب عمدتاً لحظه‌ای و قابل مشاهده است. در انفجار، ترک‌های میکروسکوپی و خستگی مصالح ممکن است ماه‌ها بعد منجر به ریزش ناگهانی شود.	ذخیره‌گیری بلندمدت (حداقل ۲۴ ماه)، الزام به بازرسی‌های دوره‌ای فنی پس از جنگ، و پوشش خسارت‌های تاخیری در بیمه‌نامه
۳	آسیب‌های روانی–عصبی ناشی از امواج شوک و فرکانس بالا	در مخاطرات طبیعی، آسیب روانی عمدتاً ثانویه (ناشی از دیدن صحنه تخریب) است. در انفجار، امواج فرکانس بالا مستقیماً بر مغز و سیستم عصبی اثر می‌گذارند و باعث PTSD، اختلال شناختی، و اضطراب حاد می‌شوند.	گنجاندن پوشش درمان روان در بیمه‌نامه‌های درمان، پیش‌بینی هزینه‌های مشاوره بلندمدت، و آموزش شبکه درمان برای تشخیص آسیب‌های عصبی–روانی خاص انفجار
۴	ریسک پایدار مهمات منفجرنشده در زمین‌های ساختمانی	در زلزله، پس از رویداد، ریسک تمام می‌شود. در جنگ، مهمات منفجرنشده سال‌ها بعد هم حین حفاری منفجر می‌شوند. این یک ریسک «پایدار» و «تاخیری» است.	ارزیابی اجباری ریسک قبل از هر پروژه ساختمانی (مطابق استاندارد CIRIA)، پوشش بیمه‌ای خاص برای خسارت ناشی از UXO، و همکاری با تیم‌های EOD
۵	ریسک جنگ در بیمه‌های دریایی، باربری و زنجیره تأمین	در مخاطرات طبیعی، مسیرهای حمل و نقل به طور طبیعی و قابل پیش‌بینی مختل می‌شوند. در جنگ، مسیرها در معرض مین، موشک، توقیف، و تحریم هستند و اختلال ناگهانی و کامل است.	طراحی پوشش جداگانه ریسک جنگ دریایی (مطابق مدل لوییدز لندن)، تعیین حق بیمه بر اساس درجه ریسک مسیر، و پوشش وقفه کسب‌وکار ناشی از اختلال زنجیره تأمین
۶	ریسک جنگ در بیمه‌های مسافرتی، اقامتی و تخلیه اضطراری	در مخاطرات طبیعی، تخلیه معمولاً برنامه‌ریزی شده و با هشدار قبلی است. در جنگ، تخلیه ناگهانی، خطرناک، و همراه با لغو گسترده پروازهاست.	پوشش لغو سفر به هر علت مرتبط با جنگ، پوشش هزینه‌های تخلیه اضطراری (با هماهنگی سفارت‌ها)، و پوشش درمان روان برای مسافران درگیر در جنگ
۷	همبستگی مکانی و زمانی خسارت‌ها (عدم تنوع‌بخشی ریسک)	در زلزله، شدت خسارت در یک منطقه جغرافیایی محدود، تابعی از فاصله از مرکز زلزله است. در جنگ، خسارت می‌تواند همزمان در چندین نقطه پراکنده و نامرتبط رخ دهد.	عدم امکان تنوع‌بخشی پرتفوی به روش سنتی، نیاز به مدل‌های همبستگی پیچیده‌تر، و ضرورت تشکیل صندوق‌های مشترک (Pool) با پشتوانه دولتی

استانداردهای ارزیابی خسارت ناشی از انفجارهای جنگی

مرحله	فرمول	توضیح
1	PPV_eff = ...	ببینیم زمین با چه سرعتی تکان می‌خورد
2	DR = a × ln(PPV_eff) + b	ببینیم این تکان، چند درصد ساختمان را خراب می‌کند
3	Loss = (V × DR ÷ 100) - Deductible	ارزیابی میزان خسارت و تعیین سهم بیمه گر و بیمه گذار
4	Payment = min(Limit, max(0, Loss))	مبلغ نهایی خسارت قابل پرداخت

پارامتر	مفهوم
Payment	مبلغی که بیمه پرداخت می‌کند (خسارت قابل پرداخت نهایی)
min	کوچکترین مقدار بین (از بین دو چیز، یکی را انتخاب کن که کمتر است)
Limit	سقف تعهد بیمه (بیشترین مبلغی که بیمه می‌دهد، مثلاً ۴ میلیارد تومان)
max	بزرگترین مقدار بین (از بین دو چیز، یکی را انتخاب کن که بیشتر است)
0	صفر (اگر خسارت منفی شد، یعنی چیزی نماند که بیمه بدهد)
Loss	خسارت پس از کسر فرانشیز (قبل از اعمال سقف تعهد)
V	ارزش جایگزینی ساختمان (هزینه بازسازی ساختمان به قیمت روز، مثلاً ۵ = Value میلیارد تومان)
DR	درصد تخریب (چند درصد ساختمان خراب شده، مثلاً ۲۰٪ = Damage Ratio)
Deductible	فرانشیز (سهمی که خود صاحب ساختمان باید بپردازد، مثلاً ۱۰٪ خسارت)
PPV_eff	شدت موج مؤثر (سرعت تکان خوردن زمین در محل ساختمان، بر حسب میلی‌متر بر ثانیه)
100	عدد ثابت (بر اساس داده‌های علمی برای انفجار متوسط)
(100/D)	۱۰۰ تقسیم بر فاصله (فاصله ساختمان تا مرکز انفجار بر حسب متر)
S	ضریب جنس زمین (نشان می‌دهد زمین چقدر موج را تقویت می‌کند)
F	ضریب تعداد طبقات (نشان می‌دهد ارتفاع ساختمان چقدر تکان را کم یا زیاد می‌کند)
L	ضریب طبقه مورد نظر (نشان می‌دهد طبقه همکف یا بالاتر چقدر تکان می‌خورد)

Payment = min(Limit, max(0, Loss))

Loss = (V × DR/100) - Deductible

DR = a × ln(PPV_eff) + b

PPV_eff = 100 × (100/D)^1.5 × S × F

با سپاس بیکران